

УДК 576.89

ФАУНА И СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ПАРАЗИТОВ ГОЛЬЯНА *PHOXINUS PHOXINUS* РЕК ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

© Т. Е. Буторина,¹ И. В. Резник²

¹ Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
Институт рыболовства и аквакультуры,
кафедра «Экология и природопользование»
ул. Луговая, 52-б, Владивосток, 690087
E-mail: boutorina@mail.ru

² Холдинговая компания «Якутуголь»
ул. Ленина, 3/1, Нерюнгри, 678960

Поступила 05.07.2014

У обыкновенного гольяна рек Южной Якутии отмечено 37 видов паразитов, наиболее многочисленны инфузории (16 видов), миксоспоридии и моногенеи (по 7—8 видов). Найдены специфичные паразиты: *Muhabolus lomi*, *M. mongolicus*, *Epistylus phoxini*, *Aplosoma phoxini*, *Trichodina mira*, *Paratrichodina phoxini*, *Gyrodactylus laevis*, *G. limneus*, *G. macronychus*, *G. magnificus*, *Diplostomum phoxini*. Компонентные сообщества паразитов характеризуются высокими показателями выравненности и разнообразия при низком уровне доминирования, их структура определяется конкретными условиями водоемов. Загрязнение р. Чульман тяжелыми металлами и органическими стоками вызвало перестройку структуры сообществ паразитов, смену доминантов. Выявлены признаки хронического поражения жабер гольянов *M. lomi*, разрушение жаберных филаментов и ламелл и замещение их плазмодиями паразита.

Ключевые слова: Якутия, Чульман, Унгра, речной гольян *Phoxinus phoxinus*, миксоспоридии, *Muhabolus lomi*, разрушение жабер, плазмодии, компонентные сообщества паразитов.

Обыкновенный гольян *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758) имеет обширный палеарктический ареал, в Якутии это один из наиболее многочисленных видов рыб (Кириллов, 1972). Его паразитофауна была изучена в центральной части и на севере Республики Саха (Пугачев, 1984; Однокурцев, 2010), а в реках Южной Якутии такие исследования начали проводить в последнее время (Резник, 2011; Буторина и др., 2012).

При обследовании речных гольянов из р. Чульман выше г. Нерюнгри нами была обнаружена особь с выраженными признаками сильного поражения жабер миксоспоридиями *Muhabolus lomi* Donee et Kulakowskaja,

1962. В связи с этим в задачи данной работы входило изучение зараженности гольянов Южной Якутии паразитами и выявление признаков жаберного заболевания гольяна, связанного с заражением *M. lomi*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Рыбы были отловлены в реках Чульман и Унгра в июне 2012 г. с помощью ловушек для ловли гольянов, проведен их биологический и паразитологический анализ. Рыб фиксировали 10%-ным раствором формальдегида, возраст определяли по жаберным крышкам. В р. Чульман обследовано 107 экз. гольянов, включая 72 экз. — в среднем течении в районе г. Нерюнгри и 35 экз. — на расстоянии 1 км выше г. Нерюнгри. В среднем течении р. Унгра обследовано 45 экз. гольянов (Буторина и др., 2012). Из общего числа рыб методом полного паразитологического вскрытия обследовано по 15 экз. в р. Чульман в черте г. Нерюнгри и р. Унгра и 35 экз. — в р. Чульман выше г. Нерюнгри.

Реки Чульман и Унгра относятся к бассейну р. Алдан, притоку р. Лена. Река Чульман в среднем течении протекает через г. Нерюнгри (техногенная зона, где ведется добыча угля открытым способом), участок реки выше г. Нерюнгри умеренно загрязняется стоками с дачных участков, исследованный участок р. Унгра расположен на экологически благополучной территории (ресурсный резерват «Унгра»). Такой выбор мест взятия проб позволяет выявить изменения в состоянии гидробиоценозов на основании сравнения паразитофауны гольяна из экологически благополучных и загрязненных участков рек.

В работе приняты следующие обозначения элементов жаберного аппарата рыб: первичные жаберные лепестки — филаменты, вторичные жаберные лепестки — ламеллы (Molnar, 2002).

Изучение структуры компонентных сообществ паразитов гольяна проведено по стандартной методике (Пугачев, 2000; Доровских и др., 2008; Доровских, Степанов, 2009). Для описания сообществ рассчитывали следующие индексы:

разнообразия компонентных сообществ Шеннона

$$H_p = - \sum p_{i1} \ln p_{i1} \text{ и } H_b = - \sum p_{i2} \ln p_{i2},$$

выравненности видов в сообществе по обилию

$$E_p = H_p / \ln S \text{ и } E_b = H_b / \ln S,$$

доминирования Бергера-Паркера

$$d_p = N_{\max} / N_T \text{ и } d_b = B_{\max} / B_T,$$

где S — число видов; N_T — общее число особей паразитов всех видов в сообществе (для миксоспоридий — цист); N_{\max} — число особей доминантного вида (для миксоспоридий — цист); B_T — условная биомасса всех особей паразитов всех видов в сообществе (Доровских и др., 2008); B_{\max} — условная биомасса всех особей доминантного вида; p_{i1} — относительное обилие i -го вида, равное n_i / N_T ; p_{i2} — относительное обилие i -го вида, равное b_i / B_T ; n_i — число особей i -го вида; b_i — биомасса i -го вида.

Достоверность различий между сообществами оценивали с помощью критерия Стьюдента (Пугачев, 2000). Обследование рыб проводили в период, когда сообщества паразитов находились в сформированном состоянии (Доровских, Голикова, 2004), что позволяет проводить их сравнение.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У обыкновенного гольяна в Южной Якутии нами зарегистрировано 37 видов паразитов (табл. 1), наиболее многочисленны инфузории (16 видов), миксоспоридии (8 видов) и моногенеи (7 видов), отмечено по 2 вида trematod и ракообразных, по 1 виду цестод и нематод. В дополнение к данным Пугачева (1984) и Однокурцева (2010) в Якутии найдены *Myxobolus dogieli* Bykhovskaya-Pavlovskaya et Bykhovsky, 1940, *Epistylis phoxini* Scheubel, 1973, *Trichodina mira* Kaschkovsky, 1974, *Paratrichodina phoxini* Lom, 1963, *Tripartiella copiosa* (Lom, 1959), *Gyrodactylus konovalovi* Ergens, 1976, *Diplostomum phoxini* (Faust, 1918). Для гольяна характерно преобладание эктопаразитов, среди которых доминируют инфузории, в первую очередь сидячие формы.

К специфичным для рода *Phoxinus* Rafinesque паразитам относится 9 видов (специалистов): *M. lomi*, *E. phoxini*, *P. phoxini*, *G. konovalovi*, *Gyrodactylus laevis* Malmberg, 1957, *G. limneus* Malmberg, 1964, *G. macronychus* Malmberg, 1957, *G. magnificus* Malmberg, 1957 и *D. phoxini*. К ним также следует отнести *Myxobolus mongolicus* Pronin, 1973 и *Apiosoma phoxini* Lom, 1966, характерных для алтайских османов рода *Oreoleuciscus* Warapachowski и гольянов, близких по морфологии и происхождению (Ермоленко, 1992). В эту же группу, по нашему мнению, надо включить *T. mira*, отмеченного преимущественно у гольянов, хотя Пугачев (2001) предполагает, что он имеет более широкое распространение в пределах семейства карповых рыб.

К широко распространенным паразитам карповых рыб (генералистам) из числа паразитов гольяна относится 25 видов: *Zschokkella nova* Klokaewa, 1914, *Chloromyxum carassii* Achmerov, 1960, *M. dogieli*, *Myxobolus ellipsoïdes* Thelohan, 1892, *M. muelleri* Butschli, 1882, *M. musculi* Keysselitz, 1908, *Apiosoma campanulatum* (Timofeev, 1962), *Paratrichodina incisa* (Lom, 1959), *Raphidascaris acus* (Bloch, 1779), *Ergasilus briani* Markewitsch, 1932, *Ergasilus sieboldi* Nordmann, 1832 и др. Аллогенные виды паразитов (Доровских, Степанов, 2009) представлены у гольяна только *D. phoxini*, остальные относятся к автогенным.

В реках Чульман и Унгра у гольянов найдено по 30 видов паразитов (табл. 1). Специфичные виды паразитов составляют у гольяна от 35.7 до 40.0 % (табл. 2). Только в р. Чульман у него найден *M. lomi*, только в р. Унгра — *G. laevis*, *G. konovalovi* и *Pellucidhaptor merus* (Zaika, 1961). Различия в видовом составе паразитов проявляются в большем числе видов миксоспоридий у гольяна р. Чульман по сравнению с гольяном р. Унгра и меньшем — моногеней (табл. 2). Если в р. Унгра соотношение видов миксоспоридий и моногеней у гольяна почти равное, то в р. Чульман миксоспоридии по числу видов превосходят моногеней, особенно в черте

Таблица 1
Паразитофауна обыкновенного гольяна Южной Якутии
Table 1. The parasite fauna of the common minnow from the Southern Yakutia

Вид паразита	Река Чульман выше г. Нерюнгри (35 рыб)			Река Чульман в районе г. Нерюнгри (15 рыб)			Река Унгра (15 рыб)		
	ЭИ, %	ИИ, пределы (средняя)	ИО	ЭИ, %	ИИ	НО	ЭИ, %	ИИ	ИО
<i>Zschokkella nova</i> Klokaceva, 1914	0	—	—	53.3	—	—	6.7	—	—
<i>Chloromyxum carassii</i> Achmerov, 1960	11.4	—	—	20.0	—	—	0	—	—
<i>Myxobolus dogieli</i> Bykhovskaya-Pavlovskaya et Bykhovsky, 1940	11.4	—	—	40.0	—	—	20.0	—	—
<i>M. ellipsoïdes</i> Thelohan, 189	11.4	—	—	40.0	—	—	53.3	—	—
<i>M. lomi</i> Donec et Kulakowskaja, 1962	28.6	—	—	20.0	—	—	0	—	—
<i>M. mongolicus</i> Pronin, 1973	14.3	—	—	53.3	—	—	26.7	—	—
<i>M. muelleri</i> Betschli, 1882	17.1	—	—	33.3	—	—	46.7	—	—
<i>M. musculi</i> Keysselitz, 1908	34.3	—	—	46.7	—	—	53.3	—	—
<i>Epistylis kronwerci</i> Banina, 1982	5.7	35—123 (79.0)	4.5	0	—	—	13.3	1—3 (2.0)	0.3
<i>E. lwoffi</i> Faure-Fremiet, 1943	11.4	1—34 (15.3)	1.7	6.7	2.0	0.1	6.7	2.0	0.1
<i>E. phoxini</i> Scheubel, 1973	0	—	—	6.7	2.0	0.1	20.0	1—10 (4.7)	0.9
<i>Aplosoma amoebae</i> (Grenfell, 1887)	0	—	—	0	—	—	6.7	2.0	0.1
<i>A. baueri</i> (Kashkowski, 1965)	8.6	1—6 (3.0)	0.3	0	—	—	0	—	—
<i>A. amoebae</i> (Grenfell, 1887)	0	—	—	0	—	—	6.7	2.0	0.1
<i>A. baueri</i> (Kashkowski, 1965)	8.6	1—6 (3.0)	0.3	0	—	—	0	—	—
<i>A. campanulatum</i> (Timofeev, 1962)	14.3	1—64 (14.2)	2.0	20.0	1—2 (1.3)	0.3	13.3	1—2 (1.5)	0.2
<i>A. conicum</i> (Timofeev, 1962)	0	—	—	6.7	1.0	0.1	0	—	—
<i>A. longiciliare</i> Mytenev, 1975	0	—	—	0	—	—	6.7	2.0	0.1
<i>A. phoxini</i> Lom, 1966	57.1	1—131 (38.3)	21.9	53.3	1—15 (8.1)	4.3	73.3	1—165 (42.5)	31.1
<i>A. piscicolum</i> Blanchard, 1885	0	—	—	0	—	—	13.3	1.0	0.1

<i>A. robustum</i> (Zhukov, 1962)	2.9	2.0	0.1	6.7	1.0	0.1	6.7	2.0	0.1
<i>Trichodina mira</i> Kaschkovsky, 1974	11.4	1—35 (10.3)	1.2	80.0	2—23 (5.8)	4.7	66.7	1—7 (4.3)	2.9
<i>Paratrichodina incisa</i> (Lom, 1959)	60.0	1—12 (2.9)	1.7	100	2—45 (13.4)	13.4	66.7	1—51 (16.4)	10.9
<i>P. phoxini</i> Lom, 1963	2.9	2.0	0.1	20.0	1—5 (2.7)	0.5	20.0	1—19 (8.0)	1.6
<i>Tripartiella copiosa</i> (Lom, 1959)	5.7	3.0	0.2	6.7	1.0	0.1	0	—	—
<i>Trichodinella epizootica</i> (Raabe, 1950)	0	—	—	20.0	1—2 (1.3)	0.3	6.7	2.0	0.1
<i>Gyrodactylus konovalovi</i> Ergens, 1976	0	—	—	0	—	—	6.7	1.0	0.1
<i>G. laevis</i> Malmberg, 1957	0	—	—	0	—	—	13.3	3—17 (10.0)	1.3
<i>G. limneus</i> Malmberg, 1964	40.0	1—8 (2.9)	1.1	33.3	1—24 (9.6)	3.2	33.3	1—17 (8.0)	2.7
<i>G. macronychus</i> Malmberg, 1957	25.7	1—5 (2.2)	0.6	26.7	1—9 (4.5)	1.2	33.3	3—11 (7.0)	2.3
<i>G. magnificus</i> Malmberg, 1957	2.9	8	0.2	26.7	1—12 (6.5)	1.7	6.7	2.0	0.1
<i>Dactylogyrus phoxini</i> Malewitzkaja, 1949	22.9	1—11 (5.8)	1.3	40.0	1—11 (3.7)	1.5	0	—	—
<i>Pellucidhaptor merus</i> (Zaika, 1961)	0	—	—	0	—	—	6.7	1.0	0.1
<i>Bunodera luciopercae</i> (Mueller, 1776)	0	—	—	0	—	—	6.7	1.0	0.1
<i>Diplostomum phoxini</i> (larvae) Faust, 1918	28.6	1—36 (11.1)	3.2	86.7	1—18 (10.3)	8.9	100	2—45 (10.9)	10.9
<i>Proteocephalus torulosus</i> (Batsch, 1786)	0	—	—	6.7	4.0	0.3	6.7	1.0	0.1
<i>Raphidascaris acus</i> larvae (Bloch, 1779)	0	—	—	66.7	1—6 (2.6)	1.7	13.3	1—2 (1.5)	0.2
<i>Ergasilus briani</i> Markewitsch, 1932	8.6	1—8 (5.3)	0.5	46.7	1—4 (2.4)	1.1	66.7	1—20 (3.3)	2.2
<i>E. sieboldi</i> Nordmann, 1832	5.7	1—2 (1.5)	0.1	20.0	3—7 (4.3)	0.9	0	—	—

Примечание. ЭИ — экстенсивность инвазии, ИИ — интенсивность инвазии, ИО — индекс обилия.

Таблица 2
Характеристика паразитофауны гольяна рек Унгра и Чульман
Table 2. Characteristics of the parasite fauna in the minnow
from the Ungra and Chulman Rivers

Группа паразитов, % от всех видов	Река Унгра	Река Чульман у г. Нерюнгри	Река Чульман выше г. Нерюнгри
Всего видов паразитов, в т. ч.:	30	28	24
Миксоспоридии	20.0	28.6	29.2
Инфузории	43.3	39.3	41.7
Сидячие, % от всех видов инфузорий	69.2	54.5	60.0
Триходиниды, % от всех видов инфузорий	30.8	45.5	40.0
Моногенеи	20.0	14.3	16.7
Цестоды	3.3	4.6	0
Трематоды	6.7	4.6	4.2
Метацеркарии	3.3	4.6	4.2
Нематоды	3.3	4.6	0
Ракообразные	3.3	7.1	8.3
Эктопаразиты	63.3	57.1	62.5
Специфичные	40.0	35.7	37.5
Виды, активно заражающие рыб	90.0	92.9	100

г. Нерюнгри. Мы зарегистрировали случаи уродства в строении спор миксоспоридий рода *Myxobolus* Butschli в р. Чульман вблизи г. Нерюнгри (Резник, 2011). Такие явления характерны для водоемов в зонах антропогенного воздействия, где происходят заметные изменения состава паразитов вследствие увеличения количества поступающих в воду биогенов и загрязняющих веществ техногенного происхождения.

Паразитофауна гольянов в районах, где проводилось исследование, в целом сходна (табл. 1), наибольшее видовое разнообразие паразитов отмечено в р. Унгра, наименьшее — в р. Чульман выше г. Нерюнгри.

Наиболее распространенными видами миксоспоридий гольяна являются *M. musculi*, *M. mongolicus*, *M. muelleri* и *M. ellipsoides*. В то же время *Z. nova* и *Ch. carassii*, а также личинки нематоды *R. acus* не найдены в р. Унгра, единичны в р. Чульман выше г. Нерюнгри, но обычны для гольяна в р. Чульман вблизи г. Нерюнгри. Характерными видами инфузорий гольяна были *P. incisa*, *T. mira*, *A. phoxini*. Инфузории родов *Epistylis* Ehrenberg, 1836 и *Apilosoma* Blanchard чаще встречаются в р. Унгра и в р. Чульман выше города, в то время как доминирующие виды триходин имеют наиболее высокую численность в черте г. Нерюнгри. Различия в видовом составе инфузорий (и отчасти миксоспоридий) связаны с находками некоторых редких для гольянов Якутии видов. Из моногеней рода *Gyrodactylus* Nordman у гольянов наиболее часто встречаются *G. limneus*, *G. macronychus* и *G. magnificus*. *Dactylogyrus phoxini* найден только в р. Чульман, а *P. merus* — только в р. Унгра. Метацеркарии *D. phoxini* отмечены почти у всех гольянов в реках Унгра и Чульман в черте г. Нерюнгри, гораздо реже они найдены у гольянов выше г. Нерюнгри. Из двух видов

ракообразных заметно преобладает *E. briani*, его численность выше в р. Унгра, второй вид *E. sieboldi* найден только в р. Чульман.

На основании анализа фаунистических данных (табл. 1, 2) можно заключить, что в р. Чульман сообщество паразитов гольяна претерпело существенные изменения по сравнению с р. Унгра. На это указывают общее обеднение видового состава паразитов (особенно на участке выше г. Нерюнгри), меньшая доля эктопаразитов (в том числе моногеней) и специфичных видов паразитов у гольяна в районе г. Нерюнгри, а также высокие показатели инвазии гольянов миксоспоридиями, триходинидами и *R. acus*, которые достигают большей численности в эвтрофированных водоемах. В р. Чульман на двух исследованных участках отмечено заражение рыб *M. lomi*. Здесь найден гольян с признаками хронического поражения жабер, вызванного этим паразитом, который не обнаружен в р. Унгра. Выявленные различия определяются в первую очередь численностью промежуточных хозяев (олигохет, моллюсков и др.) и возможностями осуществления жизненных циклов паразитов, что связано с гидрохимическими показателями воды в исследованных реках.

Видовое разнообразие паразитов у гольянов в черте г. Нерюнгри превышает этот показатель для рыб, обитающих в р. Чульман выше города (табл. 1). Если уровни зараженности рыб *M. lomi* и *Ch. carassii* сходны, то экстенсивность инвазии остальными видами миксоспоридий на участке в черте г. Нерюнгри заметно превосходит аналогичный показатель для гольянов выше города. Нематоды *R. acus* не найдены выше города, в то время как в черте г. Нерюнгри инвазия ими гольянов достигает 66.7 %. Карповые рыбы — облигатные промежуточные хозяева этих нематод, паратеническими хозяевами служат олигохеты, личинки хирономид, комаров-мокрецов, ручейников (Moravec, 1994). Эти данные указывают на высокую численность олигохет (показатель загрязнения воды) в р. Чульман в районе г. Нерюнгри. Экстенсивность инвазии гольянов и индекс обилия *D. phoxini* на этом участке реки также были в три раза выше аналогичных показателей для гольянов, обитающих выше г. Нерюнгри, и близки к таковым для гольянов р. Унгра (табл. 1). Присутствие моллюсков в р. Чульман в черте г. Нерюнгри было установлено при исследовании бентосных сообществ (Резник, 2011). Очевидно, высокие показатели инвазии гольянов диплостомидами связаны в первую очередь с распространением на этом участке р. Чульман чаек (серебристая чайка отмечена в качестве экспериментального хозяина *D. phoxini* (Судариков и др., 2002)). Кроме того, известно, что прудовики (промежуточные хозяева паразита) выбирают участки с повышенным содержанием органики (Доровских, Степанов, 2009). На р. Унгра, где отмечено 100%-ное заражение гольянов *D. phoxini* с максимальной интенсивностью инвазии (45 экз.), чаики наиболее многочисленны. Триходины также встречались у гольянов вблизи г. Нерюнгри чаще и имели большую численность по сравнению с участком реки выше города. Это можно объяснить не столько загрязнением реки бытовыми отходами, сколько поступлением в нее гумусовых веществ из окружающих болот (Резник, 2011). В то же время моногенеи *G. limneus* чаще встречались выше г. Нерюнгри. Индекс обилия инфузорий *A. phoxini* и интенсивность инвазии ими гольянов также значительно превышали таковую гольянов в черте города и были сопоставимы с уровнем их зараженности в заповед-

ной зоне в р. Унгра (Буторина и др., 2012). Другие виды сидячих инфузорий (*A. campanulatum*, *E. lwoffi*) также имели более высокую численность, чем в черте г. Нерюнгри, либо не были обнаружены у гольяна в районе города (*Epistylis kroenwerci* Banina, 1982). Апизомы зачастую питаются бактериями и взвешенными в воде органическими частицами (Банина, 1976; Доровских и др., 2008), поэтому их численность выше на подверженных антропогенному воздействию участках рек. Таким образом, анализ зараженности гольянов на двух участках р. Чульман позволяет сделать вывод об относительной чистоте воды в р. Чульман выше г. Нерюнгри по сравнению с участком реки вблизи города. В то же время он указывает на то, что и на этом участке р. Чульман произошли определенные изменения в составе паразитов гольяна.

Анализ компонентных сообществ паразитов в районах исследования показывает (табл. 3), что все они являются сформированными, характеризуются высокими показателями выравненности и индекса Шеннона при низком уровне доминирования видов, что свидетельствует о значительном разнообразии состава сообществ. При этом их структура различается в зависимости от конкретных условий среды, в которых они формировались.

В сообществе паразитов гольяна р. Чульман у г. Нерюнгри по числу особей доминируют два вида — автогенный генералист *P. incisa* и аллогенный специалист *D. phoxini*, по значению условной биомассы — только *D. phoxini*. В сообществе паразитов гольяна выше г. Нерюнгри в это время лидируют другие виды: по числу особей — автогенные специалисты *A. phoxini* и *M. lomi*, по значению условной биомассы основной доминант — *M. lomi*. В сообществе паразитов гольяна в р. Унгра можно выделить уже 5 доминирующих видов: по числу особей — *A. phoxini*, *P. incisa* и *D. phoxini*, по значению условной биомассы — *D. phoxini*, *E. briani* и *M. ellipsoides*.

Гидробиоценоз р. Унгра практически не испытывает антропогенного воздействия (если не учитывать участившихся по вине человека лесных пожаров по берегам реки). Вода обеих исследованных рек содержит большое количество органики в результате разложения хвои, листьев и др. (Резник, 2011). Эта особенность рек таежного типа, по-видимому, влияет и на состав сообществ паразитов гольяна (высокий уровень инвазии инфузориями, диплостомидами и др.). Сообщество паразитов из р. Унгра характеризуется максимальным общим числом особей (табл. 3), причем более 43 % из них приходится на долю *A. phoxini*. Заметный суммарный вклад в общую численность паразитов (30 %) поровну вносят *D. phoxini* и *P. incisa*. По значению условной биомассы лидирует *D. phoxini* (38.8 %), за ним следует *A. phoxini* (12.6 %), суммарный вклад *E. briani* и *M. ellipsoides* — 19 %. Число ракообразных *E. briani* в этом сообществе вдвое больше, чем в других изученных, что может служить показателем чистоты воды в р. Унгра. Массовое размножение инфузорий и рост численности ракообразных вызваны повышением температуры воды в реке в мае—июне. Инвазия диплостомидами определяется обилием чаек (окончательных) и численностью прудовиков (промежуточных хозяев).

Сообщество паразитов гольяна р. Чульман вблизи г. Нерюнгри формировалось в зоне длительного антропогенного загрязнения, связанного с открытой добычей и перевалкой угля, поступлением органики из болот,

Таблица 3
Характеристика компонентных сообществ паразитов речного гольяна
Южной Якутии

Table 3. Characteristics of the component parasite communities
in the common minnow from Southern Yakutia

Показатели	Река Чульман		Река Унгра
	У г. Нерюнгри	Выше г. Нерюнгри	Резерват
Исследовано рыб	15	15	15
Общее число видов паразитов	28	24	30
Общее число особей паразитов	674	991	1081
Общее значение условной биомассы	132.766	159.612	126.390
Число автогенных видов	27	23	29
Число аллогенных видов	1	1	1
Доля особей автогенных видов	0.767	0.946	0.849
Доля биомассы автогенных видов	0.513	0.894	0.611
Доля особей аллогенных видов	0.233	0.054	0.151
Доля биомассы аллогенных видов	0.487	0.106	0.389
Количество видов специалистов	10	9	12
Доля особей видов специалистов	0.485	0.748	0.749
Доля биомассы видов специалистов	0.303	0.811	0.623
Количество видов генералистов	18	15	18
Доля особей видов генералистов	0.515	0.252	0.251
Доля биомассы видов генералистов	0.697	0.189	0.377
Доминантный вид по числу особей	<i>Paratrichodina incisa</i> (ав./ген.)	<i>Apiosoma phoxini</i> (ав./спец.)	<i>A. phoxini</i> (ав./спец.)
Доминантный вид по значению биомассы	<i>Diplostomum phoxini</i> (ал./спец.)	<i>Myxobolus lomi</i> (ав./спец.)	<i>D. phoxini</i> (ал./спец.)
Индекс Бергера-Паркера по числу особей	0.257	0.492	0.432
Индекс Бергера-Паркера по биомассе	0.304	0.544	0.389
Индекс выравненности видов по числу особей	0.760	0.637	0.588
Индекс выравненности видов по биомассе	0.763	0.578	0.648
Индекс Шеннона по числу особей	2.503	1.996	1.981
Индекс Шеннона по значениям биомассы	2.514	1.813	2.181
Сумма ошибок уравнений регрессии	0.360	0.320	0.280

Примечание. ав. — автогенный, ал. — аллогенный, спец. — специалист, ген. — генералист.

сточными водами. Основными загрязнителями реки являются тяжелые металлы (кадмий, медь, железо, цинк, хром), нефтепродукты, марганец и др., концентрация которых в донных осадках р. Чульман значительно превышает эти показатели для р. Унгра (Резник, 2011). Общая численность сообщества паразитов вблизи г. Нерюнгри на 38 % меньше, чем в р. Унгра, хотя по значению условной биомассы они сопоставимы (табл. 3). В сообществе доминируют наиболее устойчивые к загрязнению виды: *P. incisa* — 25.7 % от общего числа особей, *D. phoxini* — почти 20 %, а по значе-

нию условной биомассы — еще больше (30.4 %). В отличие от сообщества паразитов из р. Унгра, триходины занимают здесь лидирующее положение (при тех же значениях численности), однако показатели для *A. phoxini* оказались в 9 раз ниже. Доминантный вид *D. phoxini* также представлен меньшим числом особей, чем в р. Унгра (на 30 экз.), что обусловлено меньшей численностью чаек. Однако высокий уровень заражения гольянов и численности паразита в сообществе поддерживается благодаря концентрации трудовиков на этом участке реки с повышенным содержанием органики.

Остальные виды, за исключением доминантных, представлены относительно небольшим числом особей и значительно уступают им по значениям условной биомассы.

В сообществе паразитов гольяна на участке р. Чульман выше г. Нерюнгри почти половина особей (48.6 %) представлена инфузориями *A. phoxini*, доля субдоминанта *M. lomi* составляет 12.3 %. Только в этом сообществе по значению условной биомассы *M. lomi* является абсолютным лидером (54.4 %), значительно меньший вклад вносят *A. phoxini* и *D. phoxini* (10.8 и 9.3 % соответственно). По нашим неопубликованным данным, в р. Чульман ниже г. Нерюнгри *M. lomi* также играет ведущую роль в сообществе паразитов гольяна, занимая место доминанта по значению условной биомассы (30.8 %) и субдоминанта — по численности (9.6 %). Это показывает, что в р. Чульман возникли очаги заражения гольянов миксоспоридиями. Однако в районе г. Нерюнгри, очевидно из-за техногенного загрязнения, *M. lomi* не достигает высокой численности. По сравнению с рассмотренными выше сообществами паразитов гольяна в этом сообществе *D. phoxini* в 3 раза уступает им по числу особей (и условной биомассе) в связи с меньшей численностью окончательных хозяев.

В реках Унгра и Чульман выше г. Нерюнгри в сообществах паразитов гольяна виды-специалисты преобладают над видами-генералистами (табл. 3), в районе города по числу особей доминирует генералист при сохранении главенства автогенных видов над аллогенными во всех изученных компонентных сообществах.

Все экологические индексы, по которым проведена оценка компонентных сообществ паразитов гольяна, дают близкие по значению результаты по числу особей и по условной биомассе паразитов (табл. 3). Достоверные различия между сообществами выявлены по всем показателям ($t_{st} = 12.145$ и более), за одним исключением — различия между сообществами паразитов из р. Унгра и на участке р. Чульман выше г. Нерюнгри недостоверны по значениям индекса Шеннона по числу особей паразитов, так как они близки.

В ходе расчетов показателей регрессии компонентных сообществ паразитов гольяна были вычислены суммы ошибок уравнений прямолинейной регрессии (табл. 3), для всех трех сообществ они превышают критическое значение 0.25, что свидетельствует об эвтрофикации водоемов (Доровских, Степанов, 2009). Наблюдается постепенный рост этого показателя от экологически чистого (р. Унгра) с незначительным превышением (0.03) к более загрязненным водотокам (р. Чульман): выше г. Нерюнгри оно составило 0.07, в районе города достигло 0.11.

Проведенный анализ показывает, что структура сообществ паразитов гольяна претерпела определенные перестройки путем изменения числен-

ности и биомассы разных видов, соотношения между ними, появления новых доминантных видов (*M. lomi* и *P. incisa*) в результате адаптации к изменившимся условиям среды — загрязнению промышленными отходами и органическими стоками с земельных участков.

Гольян с выраженными признаками жаберной болезни найден на участке р. Чульман выше г. Нерюнгри. Это была нерестовая самка в возрасте 8+, с длиной тела 80 мм, массой 7.4 г и индивидуальной плодовитостью 980 икринок. Помимо *M. lomi*, у нее обнаружены следующие виды паразитов: на жабрах — инфузории *P. incisa* (12 экз.), ракообразные *E. briani* (7 экз.), моногенея *Gyrodactylus* sp. juv. (1 экз.), на плавниках — *A. phoxini* (17 экз. на спинном плавнике и 6 — на грудном), в мышцах найдены споры *M. musculi* и *M. ellipsoïdes*.

Myxobolus lomi известен как специфичный паразит гольянов. Подобно своим хозяевам он широко распространен в пределах Палеарктики от бассейна р. Дунай до р. Анадырь (Донец, Шульман, 1984; Пугачев, 2001). Он отмечен в реках Альма и Черная Крымского п-ова, бассейнах рек Эльба (Лаба) и Морава в Чехии (Lucky, Kral, 1982; Донец, Шульман, 1984), реках Северная Двина и Печора (Доровских и др., 2006; Доровских, Степанов, 2009), оз. Байкал и его притоке р. Большой (Русинек, 2007), р. Чульман в Южной Якутии (наши данные), реках Лена и Анадырь (Пугачев, 2001).

Хозяевами паразита служат обыкновенный *P. phoxinus* и озерный гольяны *Phoxinus percnurus* (Pallas, 1814), а также голавль *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758), южная быстрыняка *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782), золотой *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) и якутский карась *Carassius carassius jacuticus* Kirillov, 1972.

У обыкновенного гольяна паразит найден в реках Човью и Кылтымью в бассейне р. Северной Двины, р. Печора (Доровских, Голикова, 2004; Доровских и др., 2006; Доровских, Степанов, 2009), р. Чульман в Якутии (как *M. macrocapsularis* Reuss, 1906 — Boutorina, Reznik, 2013) и р. Анадырь (Пугачев, 2001), у озерного гольяна — в оз. Байкал (Русинек, 2007) и р. Лена (Пугачев, 2001).

Жизненный цикл *M. lomi* не изучен. По аналогии с другими исследованными в этом отношении видами миксоспоридий (Szekely et al., 2002) можно предположить, что в цикле его развития участвуют кольчатые черви, в которых развиваются актиноспоры. Заражение рыб происходит при контакте с беспозвоночными путем активного внедрения спороплазм из вышедших из червей зрелых актиноспор.

Несмотря на многочисленные находки *M. lomi* у гольянов, из литературы известен только один случай его регистрации в качестве возбудителя жаберного заболевания первой (наименьшей) степени у обыкновенного гольяна в бассейне р. Моравы (Lucky, Kral, 1982).

Исследование жабер гольяна показало, что практически все жаберные дуги были поражены плазмодиями *M. lomi* разного размера (от мелких до крупных, содержащих споры паразита), многие из них сильно деформированы, как при бранхиомикозе. Число плазмодиев на одной жаберной дуге составляло от 10 до 19, многие жаберные филаменты были повреждены, деформированы, часть из них разрушена, многие ламеллы отсутствовали, некоторые из жаберных ламелл раздвоены на концах, часть зрелых спор

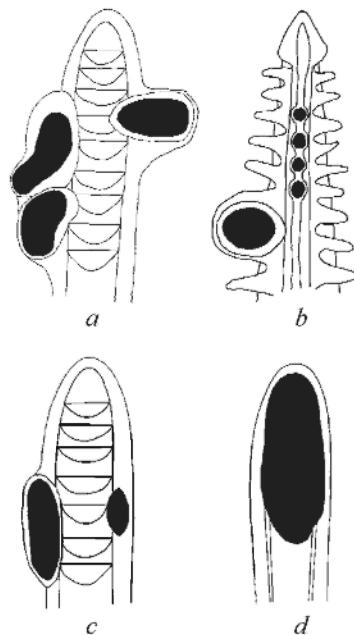


Рис. 1. Локализация плазмодиев *Myxobolus lomi* на жабрах гольяна.

a — жаберный филамент с крупными плазмодиями *M. lomi* первого типа, *b* — жаберный филамент с крупными интрапламеллярными и мелкими плазмодиями *M. lomi* четвертого типа в сосудистой системе филамента, *c* — жаберный филамент с плазмодиями *M. lomi* второго типа, *d* — жаберный филамент с плазмодием третьего типа на конце филамента.

Fig. 1. Location of *Myxobolus lomi* plasmodia in the gill of the minnow.

высыпалась из плазмодиев и находилась на поверхности жабер. Наряду со значительным разрушением жаберных ламелл происходило их разрастание в ширину в местах локализации плазмодиев паразита, обрастане последних тканями хозяина. В то же время внутренние органы рыбы не имели заметных внешних изменений и патологий, их размеры и цвет были в норме, как и у незараженных рыб.

В соответствии с классификацией, предложенной Мольнаром (Molnar, 2002), *M. lomi* можно отнести к группе миксоспоридий, плазмодии которых формируются как внутри жаберных ламелл, так и внутри жаберных филаментов. В первом случае плазмодии формируются в сосудистой сети вторичных жаберных лепестков и локализуются внутри ламелл. Во втором случае плазмодии развиваются в приносящих артериях первичных жаберных лепестков, слияние нескольких плазмодиев зачастую приводит к образованию крупного плазмодия на конце жаберного филамента.

По нашим наблюдениям, у зараженного гольяна р. Чульман встречались плазмодии, которые различались как по месту локализации на жабрах, так и по размеру (рис. 1, *a—d*). Преобладали крупные плазмодии, расположенные внутри жаберных ламелл, обычно с одной стороны жаберного филамента (рис. 1, *a, b*), по размерам они превышали длину и ширину ламеллы и выступали в промежуток между двумя соседними ламеллами (рис. 2, см. вкл.). Крупные плазмодии первого типа деформировали сразу несколько жаберных ламелл. Нередко несколько небольших плазмодиев

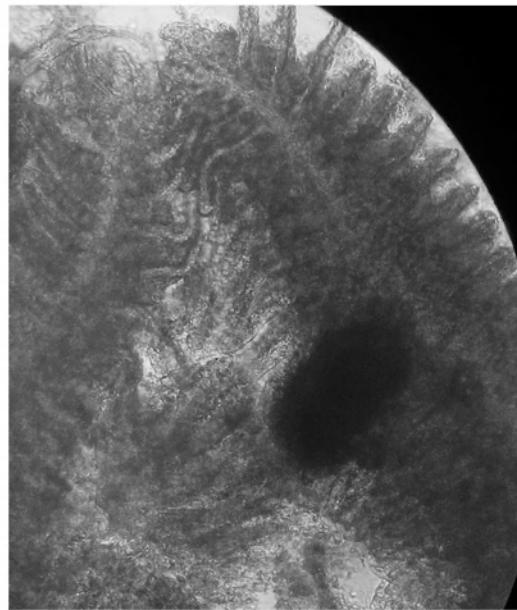


Рис. 2. Крупные интраплазмодиальные плазмодии *M. lomi* первого типа, каждый из которых замещает несколько жаберных ламелл.

Fig. 2. Large intralamellar plasmodia *M. lomi* of the first type. Each of them replaces several of gill lamellae.

сливались вместе, образуя крупные плазмодии второго типа, которые располагались вдоль жаберного филамента (рис. 1, *c*; 3, см. вкл.). Они полностью разрушали многие жаберные ламеллы и занимали все пространство между оставшимися ламеллами. Плазмодии этого типа деформировали жаберные филаменты, разрушали клетки эпителиальной и подлежащих тканей. Кроме того, были отмечены крупные плазмодии третьего типа, которые локализовались на концах жаберных филаментов (рис. 1, *d*). Такие жаберные филаменты отличались от остальных, непораженных, тем, что их концы были заметно расширены и закруглены (рис. 4, см. вкл.). Наряду с вышеописанными, на жабрах гольяна встречались многочисленные мелкие плазмодии четвертого типа, которые локализовались вдоль жаберных филаментов по ходу жаберных артерий (рис. 1, *b*). Таким образом, на жабрах гольяна найдены плазмодии разного типа, соответствующие описанным Мольнаром (Molnar, 2002) и формирующиеся внутри жаберных ламелл (интрапламеллярного типа) и филаментов. Обращает на себя внимание тот факт, что у гольяна отмечено большое число крупных, неправильной формы плазмодиев, образованных путем слияния нескольких более мелких вместо обычных для этого вида округлых и розетковидных (Донец, Шульман, 1984). Плазмодии располагались не только внутри жаберных ламелл, но занимали значительную часть пространства между ними, сдавливая многие жаберные ламеллы, деформировали жаберные филаменты и замещали частично или полностью разрушенные жаберные ламеллы.

Мы считаем, что в данном случае заболевание носило хронический характер, и больная рыба по внешнему виду и состоянию внутренних органов не отличалась от остальных пойманных гольянов. Только паразитологическое обследование жабер позволило выявить у нее заболевание. Возможно, рыба находилась в ослабленном физиологическом состоянии, что способствовало развитию болезни. Она могла мигрировать из наиболее загрязненного участка реки вблизи г. Нерюнгри, где заразилась миксоспоридиями. Однако обыкновенный гольян, как правило, не совершает протяженных миграций, образуя локальные группировки на определенных участках реки (Андреев и др., 2010). Вблизи г. Нерюнгри мы не находили гольянов, настолько сильно зараженных *M. lomi*, поэтому более вероятно, что заражение произошло в районе поимки выше г. Нерюнгри.

В выборке гольянов из р. Чульман выше г. Нерюнгри 97 % рыб не имели признаков заболевания, хотя паразит был отмечен у 28.6 % гольянов. Это первый случай жаберного заболевания у гольяна Якутии в результате паразитирования *M. lomi*. Тем самым подтверждается важность паразитологического мониторинга водоемов (Беэр, 1997), на которых размещены промышленные объекты, для контроля за их состоянием как непосредственно в техногенной зоне, так и на участках, расположенных выше и ниже этих объектов. Кроме того, наши данные показывают, что обыкновенный гольян является удобным объектом для проведения экологического мониторинга благодаря широкому распространению и возможностям адаптации к разнообразным условиям.

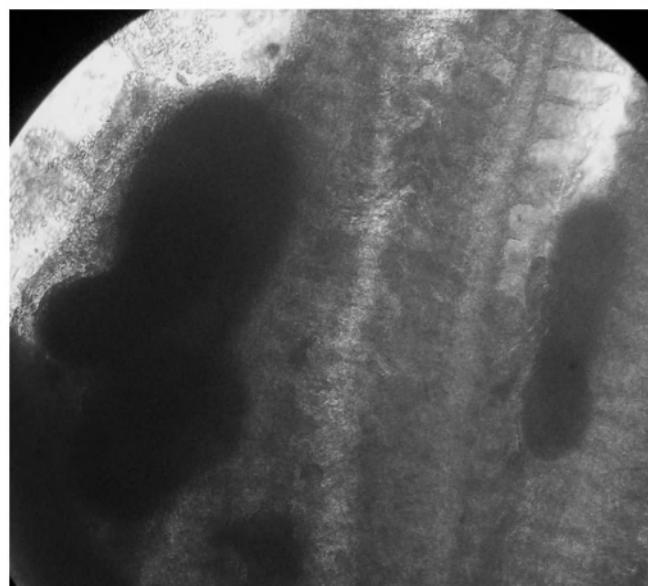


Рис. 3. Крупные плазмодии *M. lomi* второго типа, расположенные вдоль жаберных филаментов, образованные путем слияния нескольких плазмодиев.

Fig. 3. The large plasmodia of *M. lomi* of the second type localized along the gill filaments and formed by fusion of several plasmodia.

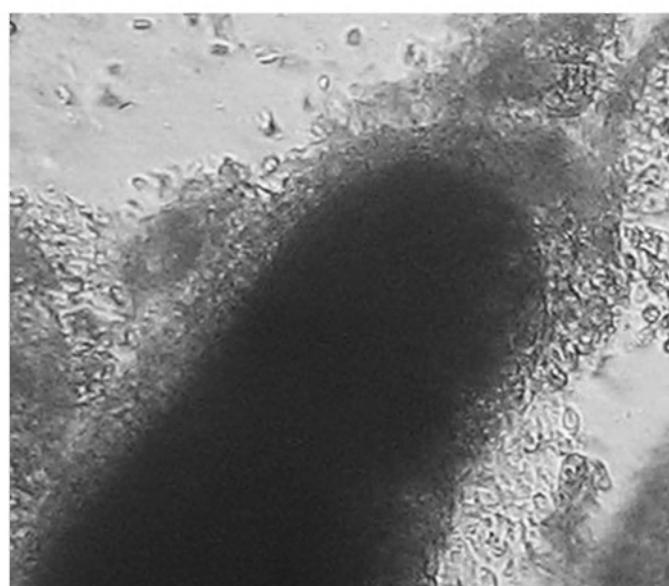


Рис. 4. Крупные плазмодии *M. lomi* третьего типа, расположенные на концах жаберных филаментов, образованные путем слияния нескольких плазмодиев.

Fig. 4. The large plasmodia of *M. lomi* of the third type localized at the ends of gill filaments and formed by fusion of several plasmodia.

Список литературы

Андреев Р. С., Юрьев А. Л., Вокин А. И., Самусенок И. В. 2010. Биология речного гольяна в водоемах верхнего течения реки Лена. Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. 3: 42—48.

Банина Н. Н. 1976. Апиозомы как паразитические организмы. Изв. ГосНИОРХ. 105: 58—68.

Беэр С. А. 1997. Основы паразитологического мониторинга. В кн.: Мониторинг биоразнообразия. Соколов В. Е. (ред.). М.: Наука, 189—194.

Буторина Т. Е., Резник И. В., Корнеев А. А., Глушак Д. В. 2012. Ихтиофауна и паразиты рыб реки Унгра (Саха, Якутия). Науч. тр. Дальрыбвтуза. 27: 3—13.

Донец З. С., Шульман С. С. 1984. Тип Книдоспоридии. В кн.: Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 1. Паразитические простейшие. Л.: Наука. 88—251.

Доровских Г. Н., Голикова Е. А. 2004. Сезонная динамика структуры компонентных сообществ паразитов гольяна речного *Phoxinus phoxinus* (L.). Паразитология. 38(5): 413—425.

Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2009. Методы сбора и обработки ихтиопаразитологических материалов: учебное пособие. Сыктывкар: Изд-во Сыктывкар. гос. ун-та. 132 с.

Доровских Г. Н., Седрикова В. А., Степанов В. Г., Бознак Э. И. 2006. Встречаемость опухолей у *Phoxinus phoxinus* (L.), их влияние на организм гольяна, его паразитофауну и компонентное сообщество его паразитов. Паразитология. 40(3): 225—243.

Доровских Г. Н., Степанов В. Г., Голикова Е. А., Вострикова А. В. 2008. Компонентные сообщества паразитов гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.) из экологически благополучных и загрязненных водоемов. Паразитология. 42(4): 280—291.

Ермоленко А. В. 1992. Паразиты рыб пресноводных водоемов континентальной части бассейна Японского моря. Владивосток: Изд-во ДВО РАН. 238 с.

Кириллов Ф. Н. 1972. Рыбы Якутии. М.: Наука. 360 с.

Судариков В. Е., Шигин А. А., Курочкин Ю. В., Ломакин В. В., Стенько Р. П., Юрлова Н. И. 2002. Метацеркарии трематод — паразиты пресноводных гидробионтов Центральной России. М.: Наука, 298 с.

Однокурцев В. А. 2010. Паразитофауна рыб пресноводных водоемов Якутии. Новосибирск: Наука. 152 с.

Пугачев О. Н. 1984. Паразиты пресноводных рыб Северо-Востока Азии. Л.: Изд-во Зоол. ин-та АН СССР. 158 с.

Пугачев О. Н. 2000. Паразитарные сообщества речного гольяна (*Phoxinus phoxinus* L.). Паразитология. 34(3): 196—209.

Пугачев О. Н. 2001. Каталог паразитов пресноводных рыб Северной Азии. Простейшие. СПб.: Изд-во Зоол. ин-та РАН. 241 с.

Резник И. В. 2011. Экологическое состояние рек Унгра и Чульман (бассейн реки Алдан, Южная Якутия): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток. 22 с.

Русинек О. Т. 2007. Паразиты рыб озера Байкал (фауна, сообщества, зоогеография, история формирования). М.: Товарищ. науч. изд. КМК. 571 с.

Boutorina T. E., Reznik I. V. 2013. Ichthyofauna and Parasite Fauna of Common Minnow *Phoxinus phoxinus* in the Ungra and Chulman Rivers in Southern Yakutia, Republik Sakha (Yakutia). In: 16th EAFF International Conference on Diseases of Fish and Shellfish (Tampere, September 2—6, 2013). Book of Abstracts. Helsinki, Nyky paino. 281.

Lucky Z., Kral K. 1982. Survey of the health status of fish in water reservoirs of the Morava river basin. Acta Veterinaria. 51: 83—93.

Molnar K. 2002. Site preference of fish myxosporeans in the gill. Diseases of Aquatic Organisms. 48: 197—207.

Moravec F. 1994. Parasitic nematodes of freshwater fishes of Europe. Prague and Dordrecht, Boston, London, Academia and Kluwer Academic Publishers. 473 p.

Szekely C., Racz O., Molnar K., Eszterbauer E. 2002. Development of *Myxobolus macrocapsularis* (Myxosporea: Myxobolidae) in an oligochaete alternate host, *Tubifex tubifex*. Diseases of Aquatic Organisms. 48: 117—123.

FAUNA AND STRUCTURE OF PARASITE COMMUNITIES
OF THE COMMON MINNOW *PHOXINUS PHOXINUS*
IN THE RIVERS OF SOUTHERN YAKUTIA

T. E. Boutorina, I. V. Reznik

Key words: Yakutia, Chulman and Ungra rivers, common minnow *Phoxinus phoxinus*, myxozoa, *Myxobolus lomi*, deformation and destruction of gill filaments and lamellae, plasmodia, component parasite communities.

SUMMARY

In Southern Yakutia, the common minnow hosts 37 species of parasites, including the most numerous groups, such as Infusoria, Myxozoa, and Monogenea. Specific parasites include *Myxobolus lomi*, *Myxobolus mongolicus*, *Epistylus phoxini*, *Aplosoma phoxini*, *Trichodina mira*, *Paratrichodina phoxini*, *Gyrodactylus laevis*, *Gyrodactylus limneus*, *Gyrodactylus macronychus*, *Gyrodactylus magnificus*, and *Diplostomum phoxini*. The component parasite communities are characterized by high rates of evenness and diversity, but the low level of dominance. They possess different structure in dependence to specific conditions of their formation. Pollution of the Chulman River with heavy metals and organic wastewater resulted in changes of the structure of parasite communities and replacement of dominants. The characters of chronic damages of gills in the minnow caused by *M. lomi* have been reported, including deformations of gill arches and filaments, destructions of lamellae, and substitution of the lamellae by parasite's plasmodia.